

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-261096

(43)Date of publication of application : 22.09.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

H01S 5/04

(21)Application number : 2000-055745

(71)Applicant : AGILENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 01.03.2000

(72)Inventor : TAN MICHAEL R T  
DABURAFUKO AI BABITSUKU  
CORZINE SCOTT W  
RANGANATH TIRMULA R  
WANG SHIH-YUAN  
BI WAYNE

(30)Priority

Priority number : 99 263696

Priority date : 05.03.1999

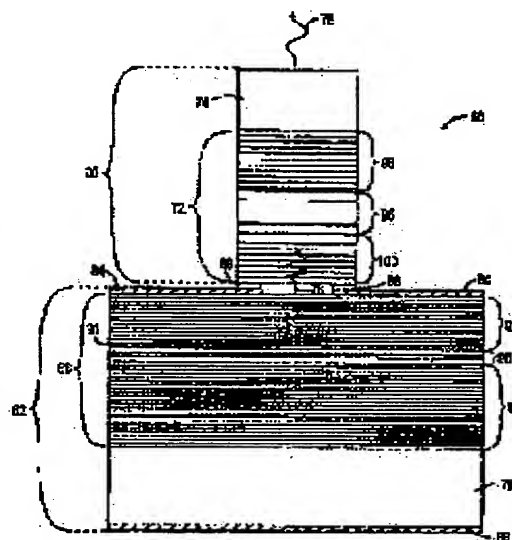
Priority country : US

## (54) LIGHT EMITTING DEVICE USING DBR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently output laser beams having a long peak wavelength by a method, wherein a second beam generating structure is coupled optically with a first beam generating structure, thereby generating second beam having a second peak wavelength, optically combining with the first beam having a first peak wavelength.

SOLUTION: This device contains a first beam generating structure 68, positioned on a first substrate 70 for emitting first beam 76 having a first peak wavelength, and a second beam generating structure 72 positioned on a second substrate 74 for emitting second beam 78 having a second peak wavelength. The second beam generating structure is physically fixed to the first beam generation structure, so that the first and second beam generating structures are pinched between the first and second substrates. Thus, the second beam generating structure is coupled optically with the first beam generating structure, thereby generating the second beam which has the second peak wavelength in concert with the first beam having the first peak wavelength.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

BEST AVAILABLE COPY

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-261096

(P2000-261096A)

(43) 公開日 平成12年9月22日 (2000.9.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\* (参考)

H 0 1 S 5/183  
5/04

H 0 1 S 5/183  
5/04

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-55745 (P2000-55745)

(22) 出願日 平成12年3月1日 (2000.3.1)

(31) 優先権主張番号 2 6 3 6 9 6

(32) 優先日 平成11年3月5日 (1999.3.5)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク

AGILENT TECHNOLOGIE  
S, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
ト ページ・ミル・ロード 395

(72) 発明者 マイケル・アール・ティー・タン

アメリカ合衆国カリフォルニア州メンロ・  
パーク コットン ストリート 315

(74) 代理人 100105913

弁理士 加藤 公久

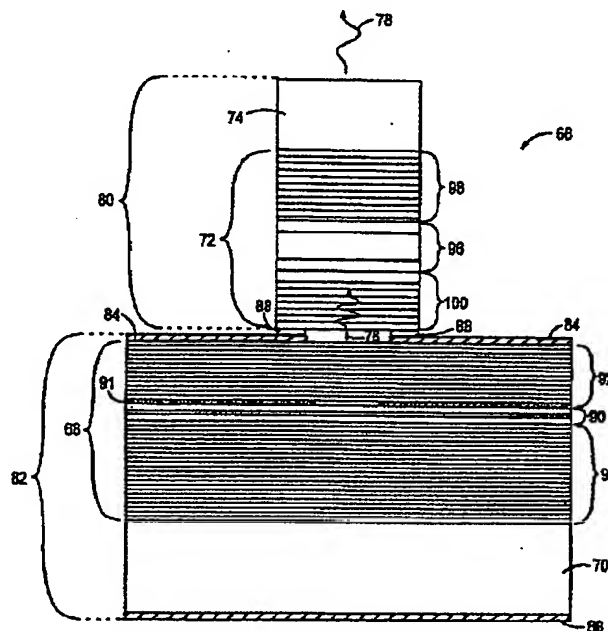
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 DBRを用いた発光デバイス

(57) 【要約】

【課題】 外部フィルタを必要とすること無く、長いピーク波長を持つレーザ光を効率的に出力することが出来る光ポンピングVCSELデバイスを提供する。

【解決手段】 発光デバイスは、第1の基板上に位置して第1のピーク波長を有する第1の光を出射可能な第1の光生成構造と、第2の基板上に位置して第2のピーク波長を有する第2の光を出射可能な第2の光生成構造とを含み、第1及び第2の光生成構造は第1及び第2の基板の間に挟まれるようにして置かれる。これにより、電氣的に駆動される第1の光生成構造から出射される第1の光に呼応して第2のピーク波長を有する第2の光が生成される。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】第1の基板上に位置し、第1のピーク波長を有する第1の光を出射する第1の光生成構造と、第2の基板上に位置し、第2のピーク波長を有する第2の光を出射する第2の光生成構造とを含み、前記第1及び第2の光生成構造が前記第1及び第2の基板の間に挟まれるようにして前記第2の光生成構造が前記第1の光生成構造へと物理的に固定され、これにより前記第2の光生成構造が前記第1の光生成構造と光学的に結合し、前記第1のピーク波長を有する前記第1の光に呼応して前記第2のピーク波長を有する前記第2の光を生成することを特徴とする発光デバイス。

【請求項2】前記第1の基板及び前記第2の基板は、前記第1のピーク波長を有する前記第1の光を吸収する一方で、前記第2のピーク波長を有する前記第2の光を透過させるという透過特性を有し、これにより前記第1及び第2の基板が光エネルギーの伝搬において波長選択的とされることを特徴とする請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項3】前記第1の基板がGaAsを含み、前記第2の基板がInPを含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の発光デバイス。

【請求項4】前記第1の光生成構造が第1の垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)を画定し、前記第2の光生成構造が第2の垂直共振器型面発光レーザを画定することを特徴とする請求項1、2又は3に記載のデバイス。

【請求項5】前記第1の光生成構造が920nmより小さい前記第1のピーク波長を有する前記第1の光を生成するように構成され、前記第2の光生成構造が1250nmから1700nmの間の前記第2のピーク波長を持つ前記第2の光を生成するように構成されることを特徴とする請求項1、2、3又は4に記載の発光デバイス。

【請求項6】前記第1の光生成構造が、前記第2の光生成構造に対して金属ボンディング材料により固着されており、前記金属ボンディング材料は前記第1及び第2の光生成構造間の光学的結合を著しく制限することがないように配されることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の発光デバイス。

【請求項7】光ポンピング発光デバイスの製造方法であって、

第1の発光層スタックを第1の基板上に形成し、前記第1の発光層スタックが電気信号の印加に呼応して第1のピーク波長を有する所定波長範囲にある第1の光を出射するべく電流駆動され得よう構成することを特徴とする工程と、

第2の発光層スタックを第2の基板上に別途形成し、前記第2の発光層スタックが前記第1の光に呼応して、第2のピーク波長を有する所定波長範囲にある第2の光を出射するべく光駆動され得よう構成することを特徴と

する工程と、

前記第1の層スタック及び前記第2の層スタックによって前記第1の基板が前記第2の基板から隔てられるような形にして前記第1の発光層スタックを前記第2の発光層スタックに略接して配置させる工程とを含むことを特徴とした製造方法。

【請求項8】前記第1の発光層スタックを形成する前記工程は、第1の垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)を前記第1の基板上に形成する工程であり、前記第2の発光層スタックを別途形成する工程は、第2の垂直共振器型面発光レーザを前記第2の基板上に形成する工程であることを特徴とした請求項7に記載の製造方法。

【請求項9】前記第1の発光層スタックを前記第2の発光層スタック上へと略接して配置する前記工程では、前記第1の発光層スタックが前記第2の発光層スタックに対して角度を持たせて配置され、これにより前記第1の発光層スタックの平坦面が前記第2の発光層スタックの対向する平坦面に対して前記角度を持って置かれることを特徴とする請求項7又は8に記載の製造方法。

【請求項10】前記第1の発光層スタックを前記第2の発光層スタック上へと略接して配置する前記工程では、前記第1の発光層スタックと前記第2の発光層スタックとを1つに結合する為に金属ボンディング材料を利用することを特徴とする請求項7、8又は9に記載の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は一般的に垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)に関し、より具体的には光学的にポンピングされる構成の垂直共振器型面発光レーザに関する。

**【0002】**

【従来の技術】垂直共振器型面発光レーザは、従来の端発光レーザと比較して低製造コストで高品質の光線が得られ、またスケラブルな外形を持つ等、数々の優位性を有する。VCSELはこれらの特性により、多くのアプリケーションにとって望ましいものとされている。特に長波長光(1300nm-1550nm)を生成する能力を持つVCSELは光通信分野において関心の的である。

**【0003】**

VCSELは電流による駆動、又は光学的駆動により出力レーザ光を生成する能力を持つ。従来の電流注入型VCSELは、基板上に形成した2つの分布反射器又は分布ブラッグリフレクタ(DBR)とその間に設けた活性領域を含む。電流注入型VCSELは更に、電流を活性領域に注入する為の2つのオーム接触を含む。通常、一方のオーム接触は基板の下に位置し、もう一方のオーム接触は上方のDBRの上に位置する。これらの接触に電圧が印加されると、電流が活性領域に注入され、活性領域は光を出射する。出射された光は2つ

のDBRの間で反射する。出射した光の一部は上部DBR又は下部DBRを通過し、出力レーザ光として伝搬する。

【0004】従来型の光ポンピングVCSELもまた、2つのDBR間に活性領域を含む。しかしながら、光ポンピングVCSELは光源を含んでいるか、或はそれに作動的に結合している。光源は他のVCSEL又は発光ダイオードでも良い。光ポンピングVCSELは、光源から供給される「ポンピング光」を吸収することにより出力レーザ光を発生するものである。ポンピング光は活性領域により吸収され、これが出力レーザ光の出射を生じる。

【0005】米国特許第5,513,204号において、Jayaramanは、それに結合した長波長VCSELを光学的にポンピングする短波長VCSELを含む光ポンピングVCSELデバイスについて記述している。Jayaramanの光ポンピングVCSELデバイスの一実施形態を図1に示す。この実施形態においては、VCSELデバイス10はGaAs基板14上に形成された短波長VCSEL12を含む。短波長VCSEL12は活性領域16とミラー18、20から構成される。VCSELデバイス10はまた、GaAs基板24上に形成した長波長VCSEL22も含んでいる。長波長VCSEL22は活性領域26とミラー28、30から構成される。ミラー28はGaAsとAlAsの交互の層から成り、ミラー30はSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>の交互の層から成る。長波長VCSEL22は接着材料層32により短波長VCSEL12と結合している。接着材料は透明の光学接着材料、又は金属ボンディング材料でも良い。他の実施形態において、VCSEL12、22は融着させてモノリシック構造を形成しても良い。

【0006】作動においては、最初に短波長VCSEL12が活性化されて短いピーク波長を持つ光34を出射する。VCSEL12の活性化にはオーム接触（図示せず）を介して活性領域16に電流を注入する。光34は長波長VCSEL22のミラー30を通過して伝搬され、そして活性領域26へと入射される。光34は活性領域26により吸収され、これにより電子・正孔対が増える。これらの対は活性領域26の量子井戸に集中し、ここで再結合して長いピーク波長を持つレーザ光36が生成される。レーザ光36はVCSELデバイス10からの出力レーザ光として長波長VCSEL22のミラー28から出て行く。

【0007】VCSELデバイス10において問題とされるのは、長波長VCSEL22のポンピングに利用された短波長VCSEL12からの光34の大部分が、レーザ光36と共に送られてしまう点である。出力レーザ光は長波長VCSEL12により生成された長波長レーザ光36のみを含有していることが理想である。しかしながら、短波長光34が長波長VCSEL22の活性領

域26に到達した際、短波長光34の一部が活性領域26に吸収されずにミラー28を透過して送られてしまうのである。ミラー28を短波長光34を反射するように作ることも出来る。しかしながら、いくらかの短波長光34がレーザ光36と共に出力レーザ光としてミラー28を通過して透過してしまうことは避けられない。VCSELデバイス10が光ファイバケーブルに接続している場合、長波長レーザ光36のみをVCSELデバイス10から選択的に透過させる為にはフィルタ装置が必要となり、これによりVCSELデバイス10を使ったシステムは繁雑となりコスト高となってしまう。

【0008】他の光ポンピングVCSELデバイスが米国特許第5,754,578号に記述されているが、これもまたJayaramanのものである。この特許に開示された光ポンピングVCSELデバイスの一実施形態を図2に示す。この実施形態においては、VCSELデバイス38は、単一のGaAs基板44上に形成された短波長VCSEL40と長波長VCSEL42とを含む。短波長VCSEL40は活性領域46及びミラー48、50から構成される。ミラー48、50はGaAsとAlGaAsの交互の層から成る。短波長VCSEL40は活性層46へと電流を供給する金属接触52、54を含む。短波長VCSEL40は更に、陽子注入又は酸化膜56により実現可能な電流閉じ込め機構を含む。長波長VCSEL42は活性領域58及びミラー60、62から構成される。ミラー62はGaAsとAlGaAsの交互の層から成る。しかしながらミラー60はVCSEL中のミラーを作成するに好適な複数の異なる材料から構成することが出来る。ミラー62は短波長VCSEL40のエピタキシャル成長と同じ工程で成長させると説明されている。

【0009】VCSELデバイス38の動作は、図1のVCSELデバイス10の動作と実質的に同様である。まず最初に、短波長VCSEL40の活性領域46に接触52、54を介して電流が注入される。注入された電流により活性領域46が駆動され、短いピーク波長を持つ光63が短波長VCSEL40から出射される。光63はその後長波長VCSEL42のミラー62を通過して伝搬され、活性領域58に入る。光63は活性領域58に吸収され、これにより活性領域58が長いピーク波長を持つレーザ光64を出射することとなる。レーザ光64は長波長VCSEL42のミラー60から出力レーザ光としてVCSELデバイス38を出る。

【0010】図2のVCSELデバイス38にも図1のVCSEL10と同じ問題がある。具体的には、VCSELデバイス38からの出力レーザ光が、短波長VCSEL40から出射された短波長光63をかなりの量含むのである。ここでも短波長光63をろ波してレーザ光64のみを透過させる為には、コストの高いフィルタ装置が必要とされる。

## 【0011】

【発明の解決すべき課題】本発明の課題は、外部フィルタの必要を生じること無く、長いピーク波長を持つレーザ光を効率的に出力することが出来る光ポンピングVCSELデバイスを提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】デバイスが生成した長いピーク波長を有する光のみを選択的に透過させる為にろ波処理を実行する2つの別個の基板を利用した、光ポンプ垂直共振器型面発光レーザ（VCSEL）デバイス及び、デバイス製造方法である。光ポンピングVCSELデバイスは、デバイスを駆動して長いピーク波長を持つ出力レーザ光を出射させるポンプ光を生成する能力を持つ自己ポンピングデバイスである。出力レーザ光は出来れば光通信分野の応用に望まれる1300nmから1550nmの間のピーク波長を有するものが好ましい。

【0013】光ポンピングVCSELデバイスは、2つの別個の基板上に別々に形成された2つのVCSELを含む。2つのVCSELのうち的一方は電流駆動型の短波長VCSELであり、2つのうちのもう一方は光ポンピング長波長VCSELである。短波長VCSELは、長波長VCSELを光学的にポンピングする為に利用される光を供給する。長波長VCSELは1250nmから1700nmの間のピーク波長を有する光を出射するように構成されているものが望ましく、短波長VCSELは920nmよりも小さい、最も望ましくは850nmのピーク波長を有する光を出射するように構成されていることが望ましい。

【0014】短波長VCSELは、2つの別個の基板のうち一方に形成された活性領域及び2つの分布ブラッグリフレクタ（DBR）を含む。短波長VCSELは市販されている従来型のVCSELでも良い。短波長VCSELを形成する基板はGaAs基板でも良い。2つのDBRミラーは短波長VCSELを製造する為に用いられる代表的な材料から成る半導体ミラーで良い。一例として、2つの半導体ミラーの各々は、低い屈折率を持つAlGaAsと高い屈折率を持つAlGaAsの交互の層であっても良い。活性領域がGaAs量子井戸を含んでいても良い。

【0015】長波長VCSELはもう一方の基板の上に形成された活性領域及び2つのDBRミラーを含む。長波長VCSELを形成する基板はInP基板でも良い。長波長VCSELの2つのDBRミラーの一方は半導体ミラーでも良く、もう一方のミラーは誘電体ミラーで良い。一例をあげると、誘電体DBRミラーはSiO<sub>2</sub>とTiO<sub>2</sub>の交互の層から構成できる。更に、半導体DBRミラーはInGaAlPとInPの交互の層、又はInGaAlAsとAlInP又はInPの交互の層から構成することが出来る。活性領域にInGaAsP又はAlInGaAs量子井戸を含ませても良い。長波長V

CSELの部品を製作する為に利用する材料は、本発明を制限するものではない。

【0016】長波長VCSEL及び短波長VCSELは結合又は接着されて光ポンピングVCSELデバイスを形成する。2つのVCSELは、2枚の基板が2つのVCSELの活性領域及びミラーによって分離されるような形で接着される。透明の光学接着材料又は金属ボンディング材料を利用して長波長VCSEL上に短波長VCSELを結合させることが出来る。しかしながら、2つのVCSELを結合する為に利用するボンディング材料（結合又は接着材料）の種類は、本発明を制限するものではない。

【0017】光ポンピングVCSELデバイスは頂面発光デバイスでも底面発光デバイスでも良い。出来れば光ポンピングVCSELデバイスは長波長VCSELが短波長VCSELの上に位置する頂面発光装置であることが望ましい。動作の際には、まず短波長VCSELの活性領域にわたって電圧が印加され、電流を活性領域へと注入することで短波長VCSELを活性化する。電流の注入に誘発されて活性領域は比較的短いピーク波長を有する第1の光を出射する。出射された第1の光は上方向及び下方向に向かって伝搬する。下に向かって伝わる第1の光は、短波長VCSELをその上に形成した基板によって吸収される。上方向に向かって伝わる第1の光は長波長VCSELの活性領域に入射される。そして第1の光のかなりの部分は長波長VCSELの活性領域に吸収される。

【0018】第1の光の吸収により長波長VCSELの活性領域が駆動（例えば光学的にポンピングされる）されて比較的長いピーク波長を持つ第2の光が出射される。第2の光は上方向及び下方向に出射される。上方向に向かって伝わる第2の光は、長波長VCSELをその上に形成した基板を通過し、出力レーザ光として光ポンピングVCSELデバイスから出射される。しかしながら、長波長VCSELを通過して伝わった第1の光は、第2の光を透過させた、その同じ基板によって高い割合で吸収される。従って、出力レーザ光に含まれる短いピーク波長を持つ第1の光は少ないものとなる。下に向かって伝わった第2の光は、短波長VCSEL及び短波長VCSELが形成された基板を通過し、従って光ポンピングVCSELデバイスを出て行くことになる。短波長VCSELが形成された基板の下にフォトダイオードを配置して長波長VCSELから出射された第2の光をモニタすることが出来る。第1の光は短波長基板によりその殆どが吸収される為、フォトダイオードは基本的に長いピーク波長を有する第2の光のみを受光することになる。

【0019】本発明に基づいて光ポンピングVCSELデバイスを製造する方法は、短波長VCSELを第1の基板上に形成する工程が含まれる。長波長VCSELは

第2の基板上に別途形成される。その後短波長VCSELは、第1及び第2の基板を短波長及び長波長VCSELによって隔てるような形で長波長VCSEL上へと直接結合又は接着される。短波長VCSELを長波長VCSEL上にボンディング（結合又は接着）する為に透明の光学接着材料又は金属ボンディング材料を利用することが出来る。出来ればボンディングの工程にフリップチップ技術を用いることが望ましい。ボンディングの工程に先立ち、長波長VCSELを短波長VCSELに対して角度を持つように配置することで長波長VCSELの平坦面と、対向する短波長VCSELの平坦面に角度を持たせるというオプションの工程をこの方法に含むことも出来る。

【0020】光ポンピングVCSELデバイスの一次元又は二次元アレイもまた、InPウエハ上に形成した長波長VCSELのアレイをGaAsウエハ上に形成した短波長VCSELのアレイへとボンディングすることにより製造可能である。更に、波長分割多重化（WDM）アレイも同様の方法で製造することが出来る。WDMアレイの製造は、長波長VCSELアレイ中の各長波長VCSELが波長の選択肢の中から所定のピーク波長を有する光を生成することが出来るように長波長VCSELのアレイを構成することで実現される。複数の異なるピーク波長は、WDMアレイを利用する装置の仕様によって変えることが出来る。長波長VCSELアレイの波長の変更は、異なるピーク波長を有する光を生成することが出来る長波長VCSELを形成する為にInPウエハ上で選択的領域成長を行うことにより実現できる。

【0021】本発明の利点は、2つの別々の基板が短波長VCSELから出射される短波長光の殆ど全てを吸収するという点にある。従って、出力レーザ光は基本的に長波長VCSELにより出射される長波長光のみから構成される。この短波長光の吸収により、出力レーザ光から短波長光をろ波する為のフィルタ装置を配置する必要がなくなる。

【0022】他の利点は、短波長光が長波長VCSELへと到達する為に基板を通過する必要がない為、長波長VCSELへと向かって伝わる短波長光のかなりの部分が長波長VCSELへと達するという点にある。従って、長波長VCSELの光生成効率が悪くなることはない。

【0023】

【発明の実施の形態】図3を参照すると、本発明に基づく光ポンピングVCSELデバイス66が示されている。VCSELデバイス66は光データを伝送する為に遠隔通信システム（図示せず）において採用することが出来る。VCSELデバイス66は基板70上に形成された短波長VCSEL68と、基板74上に形成された長波長VCSEL72を含む。基板74はInP基板であることが望ましく、基板70は半導体GaAs基板で

あることが望ましいが、本発明の概念から離れることなく両方の基板をGaAsとすることも出来る。短波長VCSEL68は電流の注入に呼応して比較的短いピーク波長の光76を出射するように作られている。長波長VCSEL72は、短波長光76の吸収に呼応して長いピーク波長を持つ光78を出射するように作られている。従って、短波長VCSEL68は、長波長VCSEL72を光学的にポンピングするための短波長光76を出射し、これにより長波長VCSEL72を駆動する。短波長光76は850nmのピーク波長を、そして長波長光78は1250nmから1700nmの間のピーク波長を有することが望ましい。

【0024】VCSELデバイス66はモノリシック構造ではない。VCSELデバイス66は、ボンディング（結合又は接着）された2つの別個の構造80及び82から成る。上部構造80は長波長VCSEL72及び基板74を含む。下部構造82は接触層84及び86、短波長VCSEL68そして基板70を含む。長波長VCSEL72及び短波長VCSEL68は、基板70及び74をVCSEL68及び72により隔てる形で隣接して配置されている。2つの構造80及び82は接着材料88によりボンディングされている。接着材料88は透明の光学接着材料でも金属ボンディング材料でも良い。構造80及び82のボンディングは出来れば低温で行い、ボンディング処理中にVCSEL68及び72に損傷を与えないようにすることが望ましい。

【0025】構造82の短波長VCSEL68は、ミラー92及び94の間に挟まれた活性領域90及び電流閉じ込め酸化膜91から構成される。ミラー92及び94は従来型の短波長VCSELの製造に利用される典型的な材料から作られる。ミラー92及び94は出来れば半導体による分布反射器又は分布ブラッグリフレクタ（DBR）であることが望ましい。一例として、ミラー92及び94は低屈折率のAlGaAs及び高屈折率のAlGaAsの交互の層から構成することが出来る。屈折率の違いは層中のAl含有率により生じる。活性領域90はGaAs量子井戸（図示せず）を含む。構造82の頂面及び底面を画定する接触層84及び86は、アルミニウム-ゲルマニウム-ニッケル合金のような金属性材料から作られる。

【0026】短波長VCSEL68の発光作用は、電圧が接触層84及び86へと印加された時点で始まる。印加電圧により電流が活性領域90へと注入され、活性領域90の量子井戸が光エネルギーを出射する。出射光エネルギーはミラー92及び94の間を反射する。出射光エネルギーの一部はミラー92及び94により画定されたキャビティから短波長光76として出射され、これが長波長VCSEL72に向かって伝わって行く。しかしながら、出射光エネルギーの一部は、光76と同じ波長を持つ光として基板70方向に向けキャビティから出て

行く。この光は最終的には基板70により吸収される。基板70は、約850nm以下の波長を有する光を吸収するという特性を持つ。

【0027】上部構造80の長波長VCSEL72は、ミラー98及び100の間に位置する活性領域96から構成される。ミラー98は半導体DBRであり、ミラー100は誘電体DBRである。半導体DBRミラー98はInGaAlPとInPの交互の層から構成される。他の構造において、ミラー98をInGaAlAsとInP又はAlInPの交互の層から構成しても良い。誘電体DBRミラー100はSiO<sub>2</sub>及びTiO<sub>2</sub>の交互の層から成るもので良いが、他の誘電材料を利用しても良い。活性領域96はInGaAsP又はAlInGaAs量子井戸（図示せず）を含み得る。活性領域96及びミラー98及び100を作る為に用いる材料は本発明を制限するものではない。

【0028】長波長VCSEL72は、短波長VCSEL68から出射される短波長光76を吸収することにより長波長光78を生成するように働く。出射された短波長光76は長波長VCSEL72の底部ミラー100を通過し、活性領域96で吸収される。短波長光76を活性領域96が吸収すると、活性領域96は長波長光を出射することになる。出射された長波長光の一部は基板74に向かって上方向に伝搬される。しかしながら、長波長光の一部は活性領域96から短波長VCSEL68に向かって下方向に出射される。この長波長光は短波長VCSEL68及びGaAs基板70を通過して伝わって行く。下向きに伝わる長波長光は最終的にはVCSELデバイス66から出て、接触層86から出射される。短波長VCSEL68から出射された短波長光は基板70により吸収される為、接触層86からVCSEL66を出る光は、長波長VCSEL72が出射した長波長光の一部のみである。従って、長波長VCSEL72により生成された長波長光の光度は、接触層86の下にフォトダイオードを設けることによりモニターすることが出来る。

【0029】逆方向においては、基板74に向かって上方向に出射された長波長光がミラー98及び基板74を通過して伝搬される。基板74は、約920nm以下の波長を持つ光を吸収するように構成されている。上述したようにこの実施形態においては、短波長VCSEL68から出射された短波長光76は850nmのピーク波長を持ち、一方で長波長VCSEL72から出射された長波長光は1250nm乃至1700nmの間にピーク波長を持つ。従って、短波長光76は基板74により吸収され、長波長光78のみが基板74を通過して伝わる事が出来る。基板74は実際に基板74を通過して伝わる短波長76をろ波し、基板74とそれに関連する光ファイバケーブル（図示せず）との間に外部フィルタを設ける必要が無くなる。

【0030】他の実施形態においては、上部構造80は下部構造82の平坦面に対して傾斜する。これは上部構造80の一方の側の接着材料88の厚みを増すことにより可能となる。上部構造80を傾斜させると、短波長VCSEL68及び長波長VCSEL72の対向する平坦面の間に角度が生じる。この角度によって、長波長VCSEL72の底面で反射する短波長光76のかなりの部分が短波長VCSEL68に戻されることがなくなる。

【0031】次に本発明に基づく光ポンピングVCSELデバイスの製造方法を図4を参照しつつ説明する。工程102において、短波長VCSELが第1の基板上に形成される。短波長VCSELは従来型の電流駆動式VCSELで良い。短波長VCSELは850nmのピーク波長を有する光を出射するように構成されていることが望ましい。次の工程104においては、長波長VCSELが第2の基板上に別途形成される。長波長VCSELは、短波長VCSELから出射された短波長光を吸収することによって1300nmから1550nmの間のピーク波長を有する光を出射するように構成されていることが望ましい。実施形態においては、第1及び第2の基板は、短波長VCSELから出射される光を吸収する一方で長波長VCSELから出射される光を透過させるという共通の透過特性を有している。工程106においては、短波長VCSELが長波長VCSEL上へと直接的にボンディングされるが、これは第1及び第2の基板が短波長及び長波長VCSELによって隔てられるような形に行われる。出来ればこのボンディング工程にはフリップチップ技術を用いることが望ましい。本方法においては、長波長VCSELを短波長VCSELに対して角度をつけて配置するオプションの工程が工程106に先立って含まれていてもよく、これにより長波長VCSELの平坦面と短波長VCSELの対向する平坦面が角度を持つことになる。

【0032】上述の方法では単一のVCSELデバイスを製造したが、InPウエハ上に形成した長波長VCSELアレイとGaAsウエハ上に形成した短波長VCSELアレイとをボンディングすることにより図3のVCSELデバイス66と同一の光ポンピングVCSELデバイスを一次元又は二次元アレイとして製造可能である。更に、波長分割多重化(WDM)アレイも同様の方法で作成することが出来る。WDMアレイの製造は、長波長VCSELアレイ中の各長波長VCSELが波長の選択肢の中から所定のピーク波長を有する光を発生することが出来るように長波長VCSELアレイを構成することで可能となる。複数の異なるピーク波長はそのWDMアレイを利用する装置の仕様によって変えることが出来る。異なるピーク波長を持つ光を生成できる長波長VCSELを作る為にInPウエハ上で選択的領域成長を行うことにより、長波長VCSELアレイの波長に変化をつけることが出来る。

【0033】本発明を上述の実施形態に即して説明すると、本発明によれば、第1の基板(70)上に位置し、第1のピーク波長を有する第1の光(76)を出射する第1の光生成構造(68)と、第2の基板(74)上に位置し、第2のピーク波長を有する第2の光(78)を出射する第2の光生成構造(72)とを含み、前記第1及び第2の光生成構造が前記第1及び第2の基板の間に挟まれるようにして前記第2の光生成構造が前記第1の光生成構造へと物理的に固定され、これにより前記第2の光生成構造が前記第1の光生成構造と光学的に結合し、前記第1のピーク波長を有する前記第1の光に呼応して前記第2のピーク波長を有する前記第2の光を生成することを特徴とした発光デバイス(66)が提供される。

【0034】好ましくは、前記第1の基板(70)及び前記第2の基板(74)は、前記第1のピーク波長を有する前記第1の光(76)を吸収する一方で、前記第2のピーク波長を有する前記第2の光を透過させるという透過特性を有し、これにより前記第1及び第2の基板が光エネルギーの伝搬において波長選択的とされる。

【0035】好ましくは、前記第1の基板(70)がGaAsを含み、前記第2の基板(74)がInPを含む。

【0036】好ましくは、前記第1の光生成構造(68)が第1の垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)を画定し、前記第2の光生成構造(72)が第2の垂直共振器型面発光レーザを画定する。

【0037】好ましくは、前記第1の光生成構造(68)が920nmより小さい前記第1のピーク波長を有する前記第1の光(76)を生成するように構成され、前記第2の光生成構造(72)が1250nmから1700nmの間の前記第2のピーク波長を持つ前記第2の光を生成するように構成される。

【0038】好ましくは、前記第1の光生成構造(68)が、前記第2の光生成構造(72)に対して金属ボンディング材料(88)により固着されており、前記金属ボンディング材料は前記第1及び第2の光生成構造間の光学的結合を著しく制限することがないように配される。

【0039】更に、本発明によれば、光ポンピング発光デバイス(66)の製造方法であって、第1の発光層スタック(68)を第1の基板(70)上に形成し、前記第1の発光層スタックが電気信号の印加に呼応して第1のピーク波長を有する所定波長範囲にある第1の光(76)を出射するべく電流駆動され得よう構成することを特徴とする工程(102)と、第2の発光層スタック

(72)を第2の基板(74)上に別途形成し、前記第2の発光層スタックが前記第1の光に呼応して、第2のピーク波長を有する所定波長範囲にある第2の光(78)を出射するべく光駆動され得よう構成することを特徴とする工程と、前記第1の層スタック及び前記第2の層スタックによって前記第1の基板が前記第2の基板から隔てられるような形にして前記第1の発光層スタックを前記第2の発光層スタックに略接して配置させる工程とを含むことを特徴とした製造方法が提供される。

【0040】好ましくは、前記第1の発光層スタック(68)を形成する前記工程(102)は、第1の垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)を前記第1の基板(70)上に形成する工程であり、前記第2の発光層スタック(72)を別途形成する工程(104)は、第2の垂直共振器型面発光レーザを前記第2の基板(74)上に形成する工程である。

【0041】好ましくは、前記第1の発光層スタック(68)を前記第2の発光層スタック(72)上へと略接して配置する前記工程(106)では、前記第1の発光層スタックが前記第2の発光層スタックに対して角度を持たせて配置され、これにより前記第1の発光層スタックの平坦面が前記第2の発光層スタックの対向する平坦面に対して前記角度を持って置かれる。

【0042】好ましくは、前記第1の発光層スタック(68)を前記第2の発光層スタック(72)上へと略接して配置する前記工程(106)では、前記第1の発光層スタックと前記第2の発光層スタックとを1つに結合する為に金属ボンディング材料(88)を利用する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の従来例となる2枚の基板を持つ光ポンピングVCSELデバイスの概略図である。

【図2】第2の従来例となる単一の基板を持つ光ポンピングVCSELデバイスの概略図である。

【図3】本発明に基づく光ポンピングVCSELデバイスの概略図である。

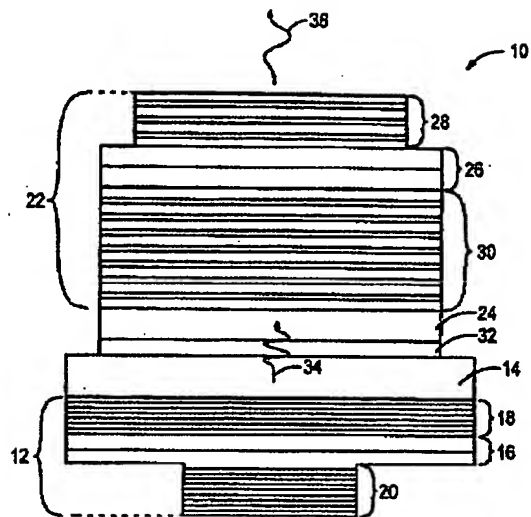
【図4】本発明に基づく光ポンピングVCSELデバイスの製造方法のフローチャートである。

#### 【符号の説明】

- 66 発光デバイス
- 68 第1の光生成構造
- 70 第1の基板
- 72 第2の光生成構造
- 74 第2の基板
- 76 第1の光
- 78 第2の光
- 88 ボンディング材料

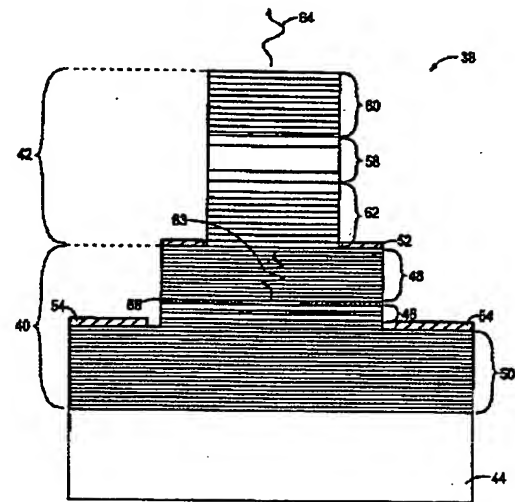
【図1】

(従来例)

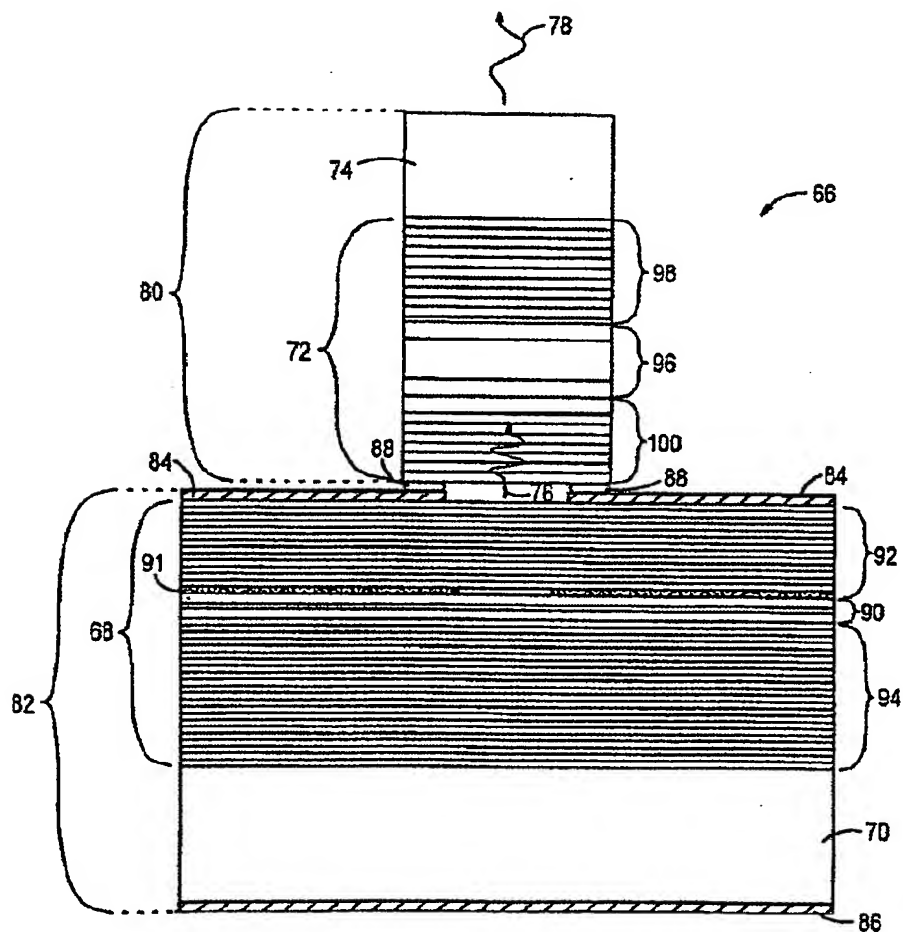


【図2】

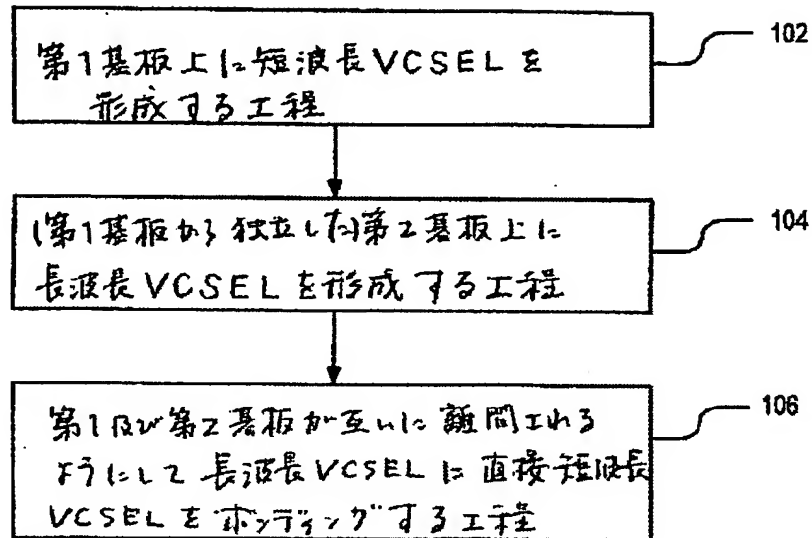
(従来例)



【図3】



【図4】



## フロントページの続き

(71)出願人 399117121  
 395 Page Mill Road P  
 alo Alto, California  
 U. S. A.

(72)発明者 ダブラフコ・アイ・バビック  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーヴ  
 ェイル エイカレーンズ ドライブ 187

(72)発明者 スコット・ダブリュ・コルジン  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーヴ  
 ェイル イグレット ドライブ 1354

(72)発明者 ティルムラ・アール・ランガナス  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
 ト マックレーン 363

(72)発明者 シー・ユアン・ウォン  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
 ト エンシナ グランデ 766

(72)発明者 ウェイン・ビー  
 アメリカ合衆国カリフォルニア州フレモン  
 ト サマー ホリー コモン 37584

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**